

PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM

Kémia Doktori Iskola

Anyagátadás a nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiában

PhD értekezés tézisei

BacsKay Ivett Orsolya

Témavezető:

Dr. Felinger Attila

egyetemi tanár



PÉCS, 2012

1. Bevezetés

A kromatográfiás folyamatokat a legtöbb esetben egyensúlyi vagy kinetikai modellekkel írják le. Az elválasztás során fellépő fizikai-kémiai folyamatok általában differenciális tömegmérleg egyenletekkel írhatók le. Az egyensúlyi modellek a mozgó- és az állófázis között pillanatnyi egyensúlyokat tételeznek fel, a kinetikai modellek sebességi állandókat alkalmaznak az anyagátadási gátlás jellemzésére. Giddings és Eyring mikroszkopikus nézőpontú sztochasztikus modellje, mely a molekulák véletlen bolyongása alapján írja le a csúcsok kialakulását, közvetlen betekintést nyújt a kromatográfiás folyamatokba.

A modern HPLC állófázisokon az anyagátadás kis molekulák esetén igen gyors, ami összetett minták hatékony leválasztását teszi lehetővé. A töltetekben kialakuló anyagátadás kinetikájának meghatározása szükséges a kromatográfiás folyamatok részletes megismeréséhez, mivel a kinetika jelentősen befolyásolja a csúcsok alakját, szélességét, aszimmetriáját.

Anyagátadásnak tekintjük a kromatográfiában a molekulák mozgását a mozgó- és az állófázison keresztül. A diffúzió viszonylag kis sebességű anyagátadás, ezért a molekulák áthaladása mindkét fázison jelentős tényezője a sávszélesedésnek, amely az axiális diszperzió, a szemcsék felszínén kialakuló anyagátadási gátlás és a pórusbeli diffúzió együttes eredménye. Ezek a jelenségek részben a mintamolekulák molekuláris diffúziójától függnnek, valamint az adszorpció-deszorpciójuk sebességétől. Fordított fázisú kromatográfia során fellépő fizisorpció gyors kinetikájú, ezért adszorpció-deszorpció hatását a sávszélesedésre figyelmen kívül hagyhatjuk.

2. Célkitűzés

Munkán célja semleges, kismolekulatömegű komponensek és makromolekulák anyagátadási együtthatóinak meghatározása és összehasonlítása teljesen porózus és porózus kéreggel bevont tömörmagvú állófázison.:

Kutatási céljaink a következő módon foglalhatók össze:

- Mivel az anyagátadási gátlás több összetevője függ az oszlopok geometriájától, szükséges a munkánk során alkalmazott HPLC-oszlopok térkitöltési tényezőinek meghatározása.
- A méretkizáródás retencióhoz történő hozzájárulását leíró egyensúlyi állandó, K_{SEC} , fontos nagy molekulák anyagátadásának vizsgálatakor. Az egyensúlyi állandót a méretkizárásos kromatográfia sztochasztikus modellje alapján kívántuk meghatározni.
- A molekuláris diffúzió fontos tényezője az anyagátadási folyamatoknak, ezért szükséges a mintakomponensek diffúziós együtthatójának megállapítása. Célunk volt monodiszperz polisztirol-standardok molekuláris diffúziójának meghatározása 'peak parking', vagyis megállított áramlásos módszerrel.
- Célunk volt polisztirol-standardok anyagátadási együtthatóinak meghatározása és összehasonlítása teljesen porózus és porózus kéreggel bevont tömörmagvú szemcséjű állófázisban.
- Semleges, kismolekulatömegű komponensek és makromolekula anyagátadási együtthatóinak meghatározását terveztük fordított fázisú folyadékkromatográfiában (I) az általánossági sebességi modell alapján; (II) az általánosan használt van Deemter-egyenletből eredő tányérmagasság-egyenlet alapján; (III) momentumanalízissel; (IV) és a kromatográfia sztochasztikus modellje alapján.
- Célunk volt teljesen porózus szemcséjű és porózus kéreggel bevont tömörmagvú tölteteken kialakuló anyagátadási gátlás összehasonlítása.
- Feladatunk volt a fent felsorolt makroszkopikus modellek összehasonlítása a sztochasztikus modellel.

3. Kísérleti körülmények

A HPLC méréseket egy Agilent 1100 folyadékkromatográfon végeztük. A készülék egy kettős szivattyúból, automata mintaadagolóból, légkeveréses oszlop termosztátból, diódasoros UV-detektorból épül fel.

Munkánk során a következő fordított fázisú oszlopokon végeztünk kísérleteket:

- a. teljesen porózus Waters Symmetry C₁₈ (150 mm × 4,6 mm, $d_p = 5 \mu\text{m}$, 100 Å)
- b. teljesen porózus Waters Symmetry C₁₈ (75 mm × 4,6 mm, $d_p = 3,5 \mu\text{m}$, 100 Å)
- c. teljesen porózus Waters SunFire C₁₈ (100 mm × 3,0 mm, $d_p = 3,5 \mu\text{m}$, 94 Å)
- d. porózus kéreggel bevont tömörmagvú Halo C₁₈ (100 mm × 4,6 mm, $d_p = 2,7 \mu\text{m}$, 1,7 μm átmérőjű tömör mag, 0,5 μm porózus kéreg, pórusátmérő 90 Å)

3.1. HPLC oszlopok térkitöltési tényezőinek meghatározása:

A térkitöltési tényezők meghatározására inverz méretkizárásos kromatográfiás (ISEC) módszert alkalmaztunk. A porózus oszlopok esetén 1 ml/perc, a tömörmagvú oszlop esetén 0,5 cm³/perc áramlási sebességű 100% tertahidrofuránt alkalmaztunk eluensként. Mintaként 1 μl 0,5 mg/ml koncentrációjú, különböző molekulatömegű (MW 580 – 3250000) standard polisztirol-oldatokat injektáltunk. A méréseket 20 °C-on végeztük és 254 nm-en detektáltuk. A méréseket oszlopok nélkül, nulla térfogatú szűkítő alkalmazásával is elvégeztük.

3.2. Molekuláris diffúzió vizsgálata megállított áramlásos ('peak parking') módszerrel:

A méréseket a **b.** és a **d.** jelű oszlopokon végeztük el. Mintaként 1-1 μl 0,5 mg/cm³ koncentrációjú standard polisztirol-oldatot injektáltunk (MW = 10100, 31420, 70950). Az eluens, 100% tetrahidrofurán, áramlási sebessége 1 cm³/perc volt, az áramlást a minták várható retenciós idejének felénél 30, 60, 120, 180, 240, 480 percre megállítottunk, majd az inkubációs idő leteltével újraindítottunk. A méréseket 20 °C-on végeztük el, és 254 nm-en detektáltunk.

3.3. Semleges, kismolekulatömegű komponensek anyagátadási együtthatóinak meghatározása:

Az **a.** jelű oszlopon végeztük el egy standard alkilbenzol keverék elválasztását. Különböző áramlási sebességen végeztünk a méréseket 0,1–2,5

cm³/perc tartományban, 20, 30 és 40 °C-on. Az eluens minden esetben 80% metanolt és 20% vizet tartalmazott. A standard keverék 0,4 µl/cm³ toluolt, etilbenzolt, n-propilbenzolt, n-butilbenzolt és n-pentilbenzolt és 8·10⁻⁴ mg/cm³ tiokarbamidot tartalmazott, amiből 20 µl-t injektáltunk mérésenként. A komponensek detektálása 254 nm-es hullámhosszon történt.

Az oszlop holttérfogatának a meghatározása a tiokarbamid-csúcsok retenciósi adatai alapján történt, mivel a tiokarbamid megkötődése elhanyagolható a C₁₈-as állófázison. A rendszer oszlopon kívüli térfogatát 0,4 µl/cm³ toluol oldat injektálásával határoztuk meg, úgy, hogy a kromatográfiás oszlop helyett egy nulla térfogatú szűkítőt kötöttünk a rendszerbe.

3.4. Különböző geometriájú állófázisokon kialakuló anyagátadási gátlás összehasonlítása:

A **c.** és **d.** jelű oszlopokon végeztük a méréseket 20°C-on, 0,02–1,4 cm³/perc áramlási sebesség tartományban. Az eluens minden esetben 21% acetonitrilt és 79% vizet tartalmazott, 0,1% trifluor-ecetsavval. Mérésenként 1 µl inzulin-oldatot injektáltunk, melyet 205 nm-en detektáltunk.

Az oszlopok holttérfogatát az előző pontban leírtak szerint határoztuk meg.

3.5. Alkilbenzolok anyagátadási együtthatóinak meghatározása a kromatográfia sztochasztikus modellje szerint:

Az **a.** jelű oszlopon végeztük el egy standard alkilbenzol-keverék elválasztását. A méréseket 0,25, 0,50, 1,00 és 1,50 cm³/perces áramlási sebességen végeztük el, 10, 20, 30 és 40 °C-on. Az eluens minden esetben 80% metanolt és 20% vizet tartalmazott. A kísérletek további körülményei megegyeznek a 3.3. pontban leírtakkal.

4. Összefoglalás

Munkánk során *teljesen porózus és porózus kéreggel bevont tömörmagvú* C₁₈-as borítású fordított fázisú kromatográfiás töltetek összehasonlításával foglalkoztuk. Meghatároztuk kis- és nagymolekulatömegű modell vegyületek anyagátadási együtthatóit és összevetettük az anyagátadási gátlást a különböző típusú tölteteken.

Első lépésként inverz méretkizárásos kromatográfiával meghatároztuk a munkánk során vizsgált oszlopok térkitöltési tényezőit, mivel az oszloptöltetek geometriája szerepet játszik az kromatográfiás elemzések során fellépő anyagátadási gátlásban.

A molekuláris diffúzió pontos megadása szintén kulcsfontosságú az anyagátadás vizsgálatakor, hiszen a mintamolekuláknak ez a tulajdonsága határozza meg a molekulák haladását szemcsepórusokban, illetve az axiális diszperzió és a külső anyagátadási gátlás is függ tőle. HPLC-rendszerben megállított áramlásos mérésekkel határoztuk meg polisztirolok molekuláris diffúzióját. Eredményeink jól illeszkednek az irodalomban található empirikus összefüggések alapján számolható értékekkel.

Meghatároztuk polisztirol-standardok axiális diszperzióját (D_L), a külső anyagátadási együtthatóját (k_{ext}), valamint a pórusbeli diffúziós együtthatójának (D_p) értékét a kromatográfia általános sebességi modellje szerint. A pórusokból kizáródó polimerek csúcsainak szélesedésében az axiális diszperzió játszik döntő szerepet mind a teljesen porózus, mind a tömörmagvú töltetekben. A pórusokba bejutó polisztirolok redukált tányérmagassága a porózus töltetben 4-6-szor nagyobb, mint a tömörmagvú oszlopban. A pórusokba bejutó minták esetén az axiális diszperzió hozzájárulása a csúcsszélesedéshez elenyésző, és a külső anyagátadási gátlásban nincs jelentős különbség az állófázisok között, ezért levonható az a következtetés, hogy pórusbeli diffúciónak jelentős a szerepe a csúcsszélesedésben.

Elvégeztük alkilbenzolok anyagátadási együtthatóinak meghatározását teljesen porózus állófázison fordított fázisú kromatográfiában. Számításainkhoz makroszkopikus és mikroszkopikus modelleket alkalmaztunk.

Az általános sebességi modell alapján minden mérési körülményre kiszámoltuk az axiális diszperziós együtthatót. Tányérmagasság-egyenlet illesztésekor vagy a momentumanalízis során egy D_L érték határozható meg az alkalmazott áramlási sebesség tartományban. Az axiális diszperzió az örvénydiffúzió miatt erősen függ a mozgófázis áramlási sebességétől. A 15 cm-es oszlopokon általánosan alkalmazott 0,5–1,0 cm³/perces áramlási sebesség tartományban kis különbséget tapasztaltunk különböző modellek között.

A pórusbeli diffúciónak függetlenül a mozgófázis áramlási sebességétől konstans értéket kellene kapnunk. Az eredményeink ezt nem minden esetben támasztották alá. Az ellentmondás egyrészt az általános sebességi modell hibájából eredhet: (I) nem bizonyított, hogy a Wilson-Geankoplis-egyenlet pontosan írja-e le a külső anyagátadási gátlást, (II) a modell elhanyagolja az örvénydiffúzió hatását a sáv széleledésre. Másrészt megfontolandó, hogy a szemcsék belseje mégsem annyira határolódik el a „külvilágtól”, mint ahogy eddig gondoltuk, és a pórusok felszínén kialakul egy lassú áramlás, amely áramlási sebességtől függő pórusbeli diffúziót eredményez. Mindezek ellenére kis különbségeket tapasztaltam a különböző modellek alapján meghatározott pórusbeli diffúziós együtthatók értékei között.

A kromatográfia sztochasztikus modellje érdekes betekintést ad a kromatográfias folyamatokba. Az állófázishoz kapcsolódó tartózkodási idő és az anyagátadási lépések számának meghatározása az elválasztás molekuláris szintű vizsgálatát eredményezi.

Méréseink során az alkilbenzolok várható tartózkodási ideje a mozgófázisban két megkötődés között, $\tau_m = 10\text{--}180$ ms-nak adódott, a várható tartózkodási idejük az állófázison egy megkötődés alkalmával $\tau_s = 5\text{--}20$ ms-nak a mintától, a hőmérséklettől és a mozgófázis áramlási sebességétől függően. Az anyagátadási lépések száma $n = 15000\text{--}25000$, azaz ennyiszor kötődik meg a mintamolekula az állófázison és tér vissza a mozgófázisba az oszlopban történő vándorlása során.

A fenti modellek a minta molekulák az állófázishoz kötődés időállandóján keresztül hasonlíthatók össze. A $\tau_s = 12\text{--}25$ ms-nak adódik a makroszkopikus

modellek szerint, amely átfedésben van a sztochasztikus modell alapján számolt τ_s értékekkel. Eredményeink szerint a kromatográfia molekuláris szintű modellje jó alternatívája az alkalmazott makroszkopikus modelleknek.

Meghatároztuk az inzulin az anyagátadási együtthatóit teljesen porózus és tömörmagvú szemcsés állófázison. Számításainkhoz szintén makroszkopikus és mikroszkopikus modelleket alkalmaztunk.

Méréseink során megállapítottunk, hogy az inzulin és más makromolekulák esetében is az áramlási sebesség, illetve a nyomásváltozás erősen befolyásolja a retenciót.

Az általános sebességi modellt alkalmazva meghatároztunk az axiális diszperziót, a külső anyagátadási együtthatót, valamint a pórusbeli diffúziós együttható értékét mind a teljesen porózus, mind a tömörmagvú állófázison. Tányérmagasság-egyenlet illesztésével és momentum-analízissel meghatározott anyagátadási együtthatók numerikus értékei bizonytalanok, mivel a modellek nem veszik figyelembe, hogy a mozgófázis áramlási sebessége erősen befolyásolja az inzulin retencióját.

Mérési körülményeink között az áramlási sebesség függvényében változik a mintakomponens retenciós tényezője, amely a szemcse pórusaiban zajló felületi diffúzió és egyben az effektív diffúzió növekedését jelenti. Ezt figyelembe véve elfogadható, hogy az általános sebességi modell alapján áramlási sebességtől függő pórusbeli diffúziós értékeket kaptunk.

Megállapítottuk, hogy a magas áramlási sebességek esetében az inzulin molekulák átlagos adszorpciós ideje, melyet a kromatográfia sztochasztikus modellje alapján számítottunk ki, a teljesen porózus állófázison (~100 ms) kisebb, mint a tömörmagvú állófázison (~150 ms), mert az inzulin retenciós tényezője feleakkora, a teljesen porózus állófázison, mint a tömörmagvún. Ugyanis az állófázisban a tartózkodási idő egyenesen arányos a retenciós tényezővel, $k' = \tau_s / \tau_m$. Ha a retenciós tényezők megegyeznének a két oszlopon, a tömörmagvú töltetben az átlagos tartózkodási idő a teljesen porózus fázisban eltöltött idő 75%-a körül lenne várható, mivel a tömör mag a szemcse térfogatának 1/4-része.

5. Tézispontok

- 1) Meghatároztam méretkizárásos kromatográfiás rendszerben polisztirolok anyagátadási együtthatóit teljesen porózus és tömörmagvú szemcsés állófázisokban:
 - a) Kimutattam, hogy az axiális diszperzió ~80%-kal járul hozzá az állófázis szemcséiből kizáródó mintamolekulák sávszélesedéséhez mindkét típusú állófázison, míg a pórusokba bejutó polimerek tányérmagasságához a pórusbeli diffúzió járul hozzá ~80%-kal.
 - b) Megállapítottam, hogy az állófázis pórusaiba bejutó polisztirolok esetében tömörmagvú állófázison elért redukált tányérmagasság 4–6-szor kisebb, mint teljesen porózus állófázison, mivel a tömörmag lerövidíti a szemcsékben a diffúziós utakat.
- 2) Különböző oszlopokon meghatároztam az általános sebességi modell szerint, tányérmagasság egyenlet illesztésével valamint momentum analízissel alkilbenzolok és az inzulin anyagátadási együtthatóit:
 - a) Mivel a mozgófázis áramlási sebessége erősen befolyásolja a fehérjék retencióját, az utóbbi két modell szerint meghatározott anyagátadási együtthatók numerikus értékei bizonytalanok.
 - b) Alkilbenzolok esetében az általánosan alkalmazott 0,5–1,0 ml/perces áramlási sebesség tartományban kis különbséget tapasztaltam a különböző modellek alapján meghatározott az axiális diszperziós együttható értékében.
 - c) Eredményeim alapján feltételezhető, hogy a szemcse pórusok felszínén a mozgófázis nagyon lassan áramlik, mivel az általános sebességi modell alapján áramlási sebességfüggő pórusbeli effektív diffúziót tapasztaltunk az alkilbenzolok esetében.

- d) Inzulin esetében kimutattam, hogy az áramlási sebesség függvényében növekvő retenció sebességfüggő pórusfelületi diffúziót, illetve pórusbeli diffúziót eredményez.
- 3) A kromatográfia sztochasztikus modelljét alkalmazva meghatároztam különböző állófázisokon alkilbenzolok és az inzulin várható tartózkodási idejét a mozgófázisban két megkötődés között illetve a várható időt, amit a molekulák egy megkötődés alkalmával az állófázison töltenek.
- a) Az alkilbenzolok állófázison eltöltött átlagos várható tartózkodási ideje $\tau_s = 5\text{--}20$ ms-nak adódott, az anyagátadási lépések száma $n = 15000\text{--}25000$.
- b) Az inzulin várható tartózkodási ideje az állófázison egy megkötődés alkalmával teljesen porózus állófázison 100 ms körüli, tömörmagvú állófázison 150 ms körüli érték. A különbség a két érték között arra utal, hogy kísérleti elrendezésünkben a tömörmagvú állófázison az inzulin retenció tényezője kétszer akkora, mint a teljesen porózus állófázison.
- 4) Bemutattam, hogy a kromatográfia sztochasztikus modellje megfelelő kiváltója lehet anyagátadási vizsgálatok során az általános sebességi modellnek, mivel a makroszkopikus modellek alapján meghatározott anyagátadási együtthatókból számított τ_s értékek (12–25 ms) átfednek a sztochasztikus modell alapján számolt τ_s értékekkel (5–20 ms).

6. Megjelent közlemények

A PhD értekezés alapjául szolgáló publikációk

1. Ivett Bacskay, Attila Felinger

Macroscopic and microscopic analysis of mass transfer in reversed phase liquid chromatography

JOURNAL OF CHROMATOGRAPHY A 1216: (8)1253-1262 (2009) IF: 4.101

2. Ivett Bacskay, Attila Felinger

Rapid estimation of overall mass-transfer coefficients in liquid chromatography.

ANALYTICAL METHODS 2: (12)1989-1993 (2010) IF: 1.036

3. Ibolya Kiss, Ivett Bacskay, Ferenc Kilár, Attila Felinger

Comparison of the mass transfer in totally porous and superficially porous stationary phases in liquid chromatography

ANALYTICAL AND BIOANALYTICAL CHEMISTRY 397: (3)1307-1314 (2010) IF: 3.841

A PhD értekezés témájában készült nemreferált konferencia absztraktok

1. I. Bacskay, A. Felinger

Mass transfer kinetics from macroscopic and microscopic approaches in reversed phase liquid chromatography. International CEEPUS II Summer School, Torun-Gdansk-Bialystok, Poland. September 7-13, 2006, p. 212

2. Bacskay I., Felinger A.

Az anyagátadás kinetikája a fordított fázisú folyadékkromatográfiában makroszkopikus és mikroszkopikus megközelítésben. XII. Nemzetközi Vegyészkonferencia. Csíkszereda, Románia. 2006. október 3-8. 11. o.

3. I. Bacskay, A. Felinger

Determination of mass transfer coefficients in reversed phase liquid chromatography. International CEEPUS II Summer School, Pécs, Hungary. June 10-15, 2007, p 10

4. A. Feinger, I. Bacskay

Molecular dynamic analysis of the retention mechanism in reversed phase liquid chromatography. 31th International Symposium on high Performance Liquid Phase Separations and Related Techniques. Genth, Belgium. June, 17-21, 2007

5. I. Bacskay, A. Felinger

Determination of Mass Transfer Coefficients with Macroscopic and Microscopic Approaches in Reversed Phase Liquid Chromatography. 7th Balaton Symposium on High-Performance Separation Methods. Siófok, Hungary. September 5-7, 2007, P-5

6. A. Felinger, I. Bacskay

Molecular Dynamic Analysis of Mass Transfer in Chromatography. 7th Balaton Symposium on High-Performance Separation Methods. Siófok, Hungary. September 5-7, 2007, L-27

7. I. Kiss, I. Bacskay and A. Felinger

Comparison of the Mass Transfer Kinetics in Totally Porous, Superficially Porous and Nonporous Reversed Phase in Liquid Chromatography. 9th Symposium on Instrumental Analysis. Pécs, Hungary. June 29- July 2 2008, P-31

8. I. Bacskay, I. Kiss and A. Felinger

Macroscopic and Microscopic Analysis of Mass Transfer Kinetics in Totally Porous and Superficially Porous Reversed Phase in Liquid Chromatography. 14th Symposium on Separation Science; New Achievements in Chromatography, Primosten, Croatia, 30 September – 3 October 2008, P-77

9. Bacskay I., Felinger A.

Porózus és héj szerkezetű kromatográfiás állófázisokon kialakuló anyagátadási kinetika összehasonlítása nagy molekulatömegű komponensek esetében. Elválasztástudományi vándorgyűlés, Sárvár, 2008 november 5-7, P-1

10. Kiss I., Bacskay I., Felinger A.

Az anyagátadási együtthatók vizsgálata különböző geometriájú állófázisok esetében. Elválasztástudományi vándorgyűlés, Sárvár, 2008 november 5-7, P-24

11. I. Kiss, I. Bacskay, F. Kilár, A. Felinger

The Examination of the Mass Transfer Coefficients on Different Geometry Stationary Phases in Reversed Phase Liquid Chromatography. 8th Balaton Symposium on High-Performance Separation Methods. 15th International Symposium on Separation Science, September 2-4, 2009, Siófok, Hungary. P10

12. I. Kiss, I. Bacskay, F. Kilár, A. Felinger

Mass Transfer on Superficially Porous and Totally Porous Reversed Phases in HPLC. CECE 2009. 6th International Interdisciplinary Meeting on Bioanalysis, November 5 -8 , 2009, Pécs, Hungary. P20

A PhD értekezés témáján kívül készült tudományos közlemények

1. Ivetta Bacskay, Anikó Takatsy, Ákos Végvári, Anders Elfving, András Ballagi Pordany, Ferenc Kilár F, Stellan Hjerten

Universal Method For Synthesis of Artificial Gel Antibodies by The Imprinting Approach Combined With a Unique Electrophoresis Technique For Detection of Minute Structural Differences of Proteins, Viruses, And Cells (bacteria): III. Gel Antibodies Against Cells (bacteria)

ELECTROPHORESIS 27: (23) 4682-4687 (2006) IF: 4.101

2. Ivetta Bacskay, Robert Gora, Zoltán Szabó Z, Ibolya Kiss, Václav Kasicka, Gabriela Peltre, Ferenc Kilár

Seasonal Variations of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Air Particulate Extracts

CHROMATOGRAPHIA 68: S113-S117 (2008) IF: 1.312

3. Borbála Boros, Ágnes Farkas, Silvia Jakabova, Ivetta Bacskay, Ferenc Kilár, Attila Felinger

LC-MS Quantitative Determination of Atropine and Scopolamine in the Floral Nectar of Datura Species

CHROMATOGRAPHIA 71: S43-S49 (2010) IF: 1.075

A PhD értekezés témáján kívül készült nem referált konferencia absztraktok

1. I. Bacskay, V. Kasicka, F. Kilár

Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) from dust collected in car-tunnels. 6th Symposium on Instrumental Analysis. Graz, Austria. June 24-27, 2001, P-28

2. S. Hjertén, Á. Végvári, I. Bacskay, A. Takátsy, F. Kilár, O. Kornysova, A. Maruska, J. Sedzik. Methodological Advances in Microelectrophoresis, including Studies of the „Artificial Antibodies” against a given Protein, Virus or. Bacterium. APCE2002. The Fourth Asia-Pacific International Symposium on Microscale Separations and Analysis. Shanghai, China. October 11-14, 2002
3. S. Hjertén, Á. Végvári, A. Takátsy, I. Bacskay, F. Kilár, J. Sedzik, H. Cheng, L. Haag Proteomics, „Viromics”, and „Bacteromics” as Studied by Artificial Antibodies, using HPCE and Optical Techniques to Analyze their Selectivity. HPCE 2003 16th International Symposium on Microscale Separations and Analysis. Manchester Grand Hyatt, San Diego, CA. January 17-22, 2003
4. I. Bacskay, A. Takátsy, F. Kilár, J. Sedzik, A. Kilár, S. Hjertén
„Synthetic antibodies” and their Application to Analysis and Purification of Macromolecules and Particles. "100 Years of Chromatography" 3rd Int. Symposium on Separations in BioSciences SBS 2003. Moscow, Russia. 13-18, May, 2003
5. I. Bacskay, A. Takátsy, A. Elfving, A. Ballagi, F. Kilár, S. Hjertén
Polyacrylamide Gels as “Artificial Antibodies” against Proteins and Bacteria. 5th Balaton Symposium on High-Performance Separation Methods. Siófok, Hungary. September 3-5, 2003, P-04
6. A. Takátsy, I. Bacskay, F. Kilár, S. Hjertén
“Artificial antibodies” recognizing proteins and viruses analyzed by capillary electrophoresis. 5th Balaton Symposium on High-Performance Separation Methods. Siófok, Hungary. September 3-5, 2003, P-203
7. F. Kilár, I. Bacskay, A. Takátsy, A. Ballagi, S. Hjertén
Separation of Bacteria, Viruses and Macromolecules with “Artificial Antibodies”. 5th Balaton Symposium on High-Performance Separation Methods. Siófok, Hungary. September 3-5, 2003, L-33
8. S. Hjertén, N. Ghasemzadeh, M. Hjertén, Á. Végvári, I. Bacskay, A. Kilár, M. Rezeli, A. Takátsy, F. Kilár, A. Ballagi, A. Elfving, H. Cheng, J. Sedzik, T. Aastrop, H. Anderson
Universal method for synthesis of highly selective artificial gel antibodies against proteins, viruses and cells; some techniques to study the selectivity and applications
FEBS J 272: 399 (2005)

9. I. Bacskay, S. Hjertén, F. Kilár

Polyacrylamide Gels as “Artificial Antibodies” against Proteins and Bacteria. Test for Selectivity based on Electroosmosis. 6th International Symposium and Course. Teaching and Learning “Analytical and Bioanalytical Monitoring Methods”. Prague, Czech Republic, May 29 – June 4, 2005, p. 72

10. I. Bacskay, I. Kiss, R. Góra, Z. Szabó, F. Kilár

Determination of polynuclear Aromatic hydrocarbons from Air Contamination by HPLC. 6th Balaton Symposium on High-Performance Separation Methods. Siófok, Hungary. September 7-9, 2005, P-71

11. I. Bacskay, I. Kiss, R. Góra, Z. Szabó, F. Kilár

Monitoring of Polynuclear Aromatic Hydrocarbons from air. 8th Symposium on Instrumental Analysis. Graz, Austria. September 25-28, 2005, p. 46

12. Bacskay I., Kiss I., Góra R., Szabó Z., Kilár F.

Szálló porhoz kötött policiklikus szénhidrogének meghatározása, a PAH profil változása. II. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia. Pécs, Magyarország. 2006. június 1-2. 13.o.

13. M. Rezeli, A. Takátsy, I. Bacskay, N. Ghasemzadeh, Á. Végvári, J. Sedzik, A. Ballagi, F. Kilár, S. Hjertén

Artificial antibodies selective gels for macromolecules and bioparticles. ITP 2006, 15th International Symposium on Capillary Electroseparation Techniques. Paris, France. August 28-30, 2006, p. 56